

Japanese Patent Office
Patent Laying-Open Gazette

Patent Laying-Open No. 5-317030
Date of Laying-Open: December 3, 1993
International Class(es): C12M 1/00
1/32
1/36
F25B 21/02
H01L 35/28

(5 pages in all)

Title of the Invention: Biochemical Reaction Device with
Microchamber

Patent Appln. No. 4-128543
Filing Date: May 21, 1992
Inventor(s): Tsuyoshi Fujita
Shinnichiro Umemura
Noritaka Uchida
Applicant(s): Hitachi, Ltd.

Partial English Translation of
Japanese Patent Laying-Open No. 5-317030

... Omitted ...

[Title of the Invention]

Biochemical Reaction Device with Microchamber

... Omitted ...

[0019] In the mixing and agitation, a slighter trace of cocktail results in a more enhanced diffusion effect. Diffusion rate is proportional to volume and it is thus believed that the cocktail of $0.5 \mu\text{l}$ is randomly mixed 200 times faster than that of $200 \mu\text{l}$. Microoscillation of high frequency can be applied to the entirety of the chamber to promote the diffusion effect. If the promoted diffusion effect is insufficient, three-dimensional microfabrication can be employed to construct a oscillator or rotor in the chamber. One possible configuration employed is that of a device which employs controlled electrostatic force for flexing a thin silicon plate to oscillate a thin silicon film. A large number of aligned electrostatic motors can also be fabricated on a silicon wafer.

... Omitted ...

[0023] In Fig. 1, the base material for the device is silicon. Anisotropic etching is employed to form a hole of an appropriate volume serving as a chamber, and a semiconductor Peltier device configured of elements 101-105 is then formed on the bottom surface of the hole. Elements 101 and 102 are p and n semiconductors formed by diffusion (i.e. semiconductor process), respectively. Element 103 is a lead wire. Element 104 is a heater and cooler plate (a temperature controller plate). Element 105 is a fixed-temperature contact common to the all wells. The temperature of temperature controller plate 104 can be controlled independently for each well by appropriately controlling the temperature of fixed-temperature contact 105 and applying an appropriate

voltage to lead wire 103 at the both ends. The Peltier device can also be used as a temperature-measuring thermocouple by measuring the potential difference between the ends of the lead wire without applying a voltage to the lead wire. Furthermore, temperature controller portion 104 and a thermocouple portion 201 can be separately formed in processing the well, as shown in Fig. 2. The well according to the present embodiment has a mouth of 1.2mm in length and 1.2mm in width, and a bottom surface of 0.6mm in length and 0.6mm in width due to the characteristics of the crystal face of silicon, and has a depth of 0.42mm. The well has a maximum volume of $0.35 \mu\text{l}$.

[0024] As temperature controller plate 104, a copper electrode of the Peltier device is used intact. However, if the copper electrode is considered to have significant influence on the cocktail, the electrode is covered with a ceramic aluminum plate, a polymer with good thermal conductivity or the like to avert the influence.

[0025] The well is surrounded by oxidized SiO_2 , which provides an larger effect of heat insulation than the base material, i.e. silicon.

[0026] Fig. 3 is a bird's-eye view of an automatic, sample preparing apparatus incorporating therein the chamber plate shown in Fig. 1. A reaction device 100 employing the microchamber plate is fixed on a platform 301 which is configured of a socket of an electrode of the chamber plate and a temperature controller for controlling the temperature of the fixed-temperature contact. High frequency oscillation can also be applied to the chamber plate to enhance the diffusion effect in the well.

... Omitted ...

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-317030

(43)公開日 平成5年(1993)12月3日

(51)Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 1 2 M 1/00	A			
	1/32			
	1/36			
F 2 5 B 21/02	B	8919-3L		
H 0 1 L 35/28	Z	9276-4M		

審査請求 未請求 請求項の数7(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-128543
(22)出願日 平成4年(1992)5月21日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 藤田 毅
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内
(72)発明者 梅村 晋一郎
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内
(72)発明者 内田 憲孝
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

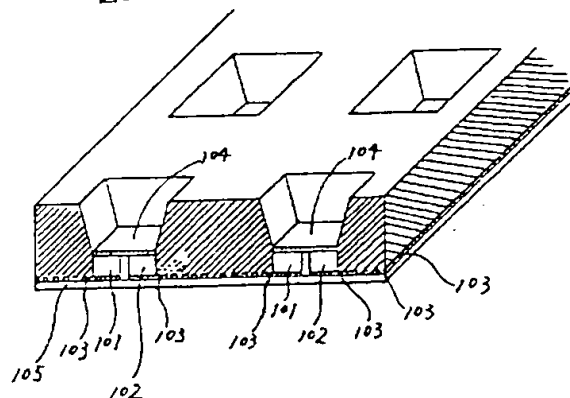
(54)【発明の名称】 マイクロチャンバを用いた生化学反応装置

(57)【要約】

【目的】極微量のサンプルを様々な反応条件で同時に処理することが可能となる新規な生物学および生化学的分析に供する装置、例えばDNAや蛋白質に代表される生体高分子反応を行なうマイクロマルチチャンバ装置およびその利用方法、製造方法の提案

【構成】開口部面積1.2mm×1.2mm以下、もしくは深さ1.4mm以下のチャンバを多数配列し、各々のチャンバ内に独立に制御することの可能な温度調節機能を有する生化学反応装置。シリコンウェハに半導体プロセスにより多数の孔と、その内部に半導体ペルティエ素子(101~105)を形成する。チャンバ毎に印加電圧を制御することにより、独立に温度調節可能としたものである。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】二次元平面上に配列された多数の孔（チャンバ）を持つ生化学反応容器において、各々のチャンバに独立した温度調節が可能な温度調節機能を組み込んだことを特徴とする生化学反応装置。

【請求項2】前記生化学反応容器は12行×8列穴のマ
イクロタイタープレートであることを特徴とする請求項
1記載の生化学反応装置。

【請求項3】前記各チャンバの大きさが、開口部におい
て1.2mm×1.2mm以下の大きさであることを特徴とす
る請求項1記載の生化学反応装置。

【請求項4】前記各チャンバの大きさが、深さにおいて
1.4mm以下の大きさであることを特徴とする請求項
1記載の生化学反応装置。

【請求項5】母材をSiウエハとし、反応容器となるチ
ャンバを前記Siウエハの一表面にエッチングにより成
形し、チャンバ周囲を酸化することにより、チャンバを
熱伝導率の低いSiO₂で囲まれた構造にすることを特
徴とする請求項1記載の生化学反応装置。

【請求項6】母材をSiウエハとし、反応容器となるチ
ャンバを前記Siウエハの一表面にエッチングにより成
形し、その各チャンバ内に独立したペルティエ素子を配
置し、各素子は独立して制御されることを特徴とする請
求項1記載の生化学反応装置。

【請求項7】二次元平面上に配列された多数のチャンバ
を持つ生化学反応容器の、各々のチャンバに独立した温
度調節が可能な温度調節機能を組み込んだ生化学反応装
置を用いて核酸増幅反応を行うに際し、各チャンバごと
に温度及び/または温度を保持する時間を独立に変化さ
せることを特徴とする核酸増幅反応方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は生物学および生化学的
分析に供する装置、例えばDNAや蛋白質に代表される
生体高分子反応を行なうマイクロマルチチャンバ装置お
よびその利用方法、製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】多数の生化学的試料を同時に扱うマイ
クロマルチチャンバとしては、いわゆる12行×8列のマ
イクロタイタープレートを含むマイクロウエルテストブ
レートがあり、これに規格を同じくしたハンドリング装
置やインキュベータ、遠心装置等の周辺装置も実用化さ
れている。マイクロウエルテストプレートに反応装置と
して分離膜や機能膜を有するように設計されたマイク
ロフィルトレーショントレイとしては、特開 平2-18
7110に見られるように、免疫学的検査やマイクロク
ロマトグラフなどを目的とした使い捨ての装置を提供す
るものがある。

【0003】しかし、現在実用化されているマイクロタ
イタープレートは単に試料を保持する容器でしかなく、

またマイクロフィルトレーショントレイについても、ウ
ェル毎に独立に反応条件を制御することは非常に困難で
あり、特に温度調節を独立に行うことは不可能であると
考えられる。

【0004】さらにまた、現在市販されているマイクロ
タイタープレートは、容量が10μl～1mlのオーダ
ーの大きさのチャンバであり、極微量の試料を取り扱う
ことや高速で温度調節を行うには適していない。

【0005】一方、極微量の試料を扱うマイクロチャン
バとしては、特公平2-34597号の“細胞を選別す
るための装置および方法”や、特開平-131569号
の“マイクロチャンバプレートおよび粒子判別法ならび
に粒子処理装置および細胞処理装置”がある。これらは
細胞一個の大きさを扱うマイクロチャンバを提供し、か
つ半導体プロセスによって組み込んだ電極等によって、
独立に各チャンバに電圧を印加すること等についての方
法および装置を提供しているが、どちらも主に細胞を取
り扱うことを目的とするもので、DNAや蛋白質に代表
される生体高分子反応を行うには最適とは言えないと考
えられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】生化学反応の主なもの
は、分離、精製、攪拌混合、インキュベータ（反応温度
保持）であり、これらを10³～10⁶個のオーダーで同
時に処理できれば、現在の生化学的な仕事のスループ
ットは飛躍的に向上すると考えられる。例えば、現在癌化
と関係する様々な遺伝子およびその変異部位が同定され
つつあり、その数は数百種類にも及んでいるが、これら
の部位を同時に検査、検出できれば、診断の精度やスル
ープットは大きく向上する。また遺伝子解析において、
10000クローンを超える遺伝子ライブラリのスクリ
ーニングなどを行なう上では、一枚のプレート上に少な
くとも1000個以上のチャンバが並んでいることが望
ましい。一方、医療診断や腫瘍細胞などの部位特異的発
現機構を調べる上では、準備可能な検体試料の量の点か
ら考えると、多数であると同時に微量の試料を取り扱う
必要がある。

【0007】また近年発明されたイン ヴिटロ（In
v i t r o）での核酸増幅反応（PCR法）は、反応
液の温度制御によって様々な新しい診断手法や実験手法
を可能とし、その結果、生化学の研究作業の中でイン
ヴィトロで行うことのできる範囲がかなり拡大してきて
いる。この場合に重要となってくるのは、反応液全体の
均一かつ高速度な温度制御技術である。

【0008】従って本発明の目的は、まず微量の反応試
料を十分な濃度で反応させ得る装置を提供するものであ
る。また、反応液の温度制御をより迅速にかつ均一に行
えるようにした装置を提供することにある。

【0009】さらに本発明の他の目的は、チャンバ自体
を能動的な反応装置とすることにより、同時に多数の生

化学的試料を取り扱うことを可能とし、また必要に応じて個々の試料について独立に反応条件を設定することを可能とする装置を提供すること、加えてこの装置により可能となる新たなプロトコールの一例を提供するものである。

【0010】また、生化学の反応装置は、時として致命的な影響を与える混合汚染（コンタミネーション）を防ぐために使い捨て可能（ディスポーザブルタイプ）であることが好ましい。そこで、大量生産を可能とし、ディスポーザブルタイプの反応装置を提供することも本発明の目的である。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、それぞれのチャンバを容量0.5 μ l以下に微小化し、微量の反応液を効率良く取り扱えるようにした。

【0012】また、各チャンバ毎にペルティエ素子により形成されるヒータおよび冷却器を設け、そのヒータおよび冷却器に直接反応液を接触させることにより反応液の温度制御を行なえるようにした。

【0013】加えて、チャンバの加工に半導体プロセスを利用することにより、大量生産を可能とした。

【0014】

【作用】チャンバを微小化し微量の反応液を扱えるようにすることにより、微量の反応試料を十分な濃度で反応させることが可能となる。例えば、0.5 μ lの反応液の中で反応を行わせると、100 μ lの反応液の場合と同濃度の反応を行うためには1/200の量の試料があれば良く、逆に言えば、同じ量の試料で濃度は200倍となる。このことは反応出発試料の微量化だけでなく、酵素等の使用量も少なくすることとなり、低コスト化にもつながると考えられる。

【0015】また、反応液の微量化に加えて各チャンバごとにヒータおよび冷却器を取付け、そのヒータおよび冷却器に直接反応液を接触させることにより、反応チャンバごとに反応液を独立に温度制御し、かつ、その温度制御を迅速に行うことが可能となる。チャンバ母材をシリコンとして、異方性エッチングによってチャンバとなる適当な体積の孔を掘った後、表面のある面に対して、PNPN…からなる半導体ペルティエ素子を形成し、各ペルティエに独立に配線を行い付加電圧を制御することにより、独立に温度制御（加熱も冷却も同一の素子により）が可能となる。また、すべてのチャンバ内加工が終了した後に、チャンバ周囲を酸化することにより、チャンバを熱伝導率の低いSiO₂で囲まれた構造にすることも可能である。

【0016】このようにして作ったチャンバにおいては、ペルティエ素子の吸熱および発熱量の限界は、吸熱時0.15W/mm²、発熱時0.18W/mm²程度と見積られる。この条件において、酵素反応の開始および終了を精度良く制御するための温度変化の速度を $\Delta 2$

5℃/sec以上とすると、深さは最大でも1.4mm以下である必要がある。

【0017】一方、チャンバ加工を施す面積は、装置の小型化や手に入り易いシリコンウェハの大きさ、加工やハンドリングの容易さから判断して、80mm×80mm以下の大きさの四角形状配列が良いと考えられる。先述のように、今後の遺伝子診断や遺伝子解析に用いる上では、一枚のウェハ上に少なくとも1000個のチャンバが並んでいることが望ましい。この場合80mm×80mmの正形状にチャンバの一边と同じピッチで1000個のチャンバを配列するためには、チャンバの一边は1.2mm以下であることが必要となる。

【0018】ところで、シリコンウェハを異方性エッチングにより加工する場合、開口部形状を正形状とすると、穴形状は正方形錐状となり、その底面と側面のなす角度は約50°である。この形状において、深さをヒト卵細胞（直径約200 μ m）が扱える420 μ mとし、開口部を1.2mm×1.2mmの正方形とするとペルティエ素子を形成する底面は0.6mm×0.6mmの正形状となる。このようにして作ったチャンバにおいては、ペルティエ素子の吸熱および発熱量は、吸熱時0.05W、発熱時0.06W程度と見積られるが、上記のような開口部1.2mm×1.2mm、深さ0.42mmの場合、体積は最大0.35 μ lとなり $\Delta 25$ ℃/secを満足する。ただし従来の温度調節器は、反応液をいれた反応チューブを恒温槽に装着することによって液温を調節していたので、チューブの熱抵抗やチューブとヒータ間の熱接触なども問題となっていたが、本発明のように加熱もしくは冷却器が直接反応液に接していれば、効果的な温度調節が可能である。

【0019】混合攪拌の点においても、反応液が微量であれば拡散の効果が大きくなる。拡散の速度は、およそ体積と比例関係にあるので、0.5 μ lの反応液中では200 μ lの場合に比べて200倍の速さでランダムな混合が進むと考えられる。チャンバ全体に対して高周波の微小振動を加えることによって、拡散効果を助長することもできる。これだけでは十分といえない場合は、チャンバ内に三次元微細加工によって振動子もしくは回転子を構築する方法をとれば良い。たとえば、薄くしたシリコン板を静電気力によってたわませて、その静電気力をコントロールすることによって、シリコン薄膜を振動させる装置も実現されているが、この構造を利用することが考えられる。また、シリコンウェハ上に多数の静電モータを並べて作ることも可能である。

【0020】これらの加熱および冷却素子や攪拌要素を、半導体プロセスによって各チャンバごとに構築することによって、多数の反応装置が平面上に配列されたマイクロチャンバ装置を提供することが可能である。しかも半導体プロセスによれば、多数のマイクロチャンバを同時に加工することが容易であるので、装置自体をディ

スポーザブルにすることも可能となる。

【0021】このような装置を用いることによって、反応温度と反応時間をパラメータとした新しい実験手法が可能となる。例えば、PCR法を行なう場合には、変性温度、再会合温度、伸長温度の3種類の温度とその保持時間が、反応の効率（場合によっては生成産物の有無）を決定する。反応液の微量化により精度よく設定温度を制御し、かつ、反応液ごとに独立な温度制御の行い得る本装置を用いれば、同じ反応液に対して異なる設定温度で同時に反応を行ない、最適な実験条件における産物を迅速に得ることが可能である。またそれだけでなく、DNA配列中の点変異などが、敏感に最適再会合温度に影響することを利用して、遺伝子診断などをより正確に効率よく行なうことも可能となる。加えて本装置では、DNAポリメラーゼによる伸長時間を分解能良く制御することにより、反応生成物の特異性を向上させることも可能である。

【0022】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1～図4により説明する。図1、2は本発明のマイクロチャンバを用いた生化学反応装置、図3は上記装置を要素として組み込んだ自動試料調製装置である。また図1～図4において共通部分の番号は同一とした。

【0023】図1において、装置の母材はシリコンであり、異方性エッチングによってチャンバとなる適当な体積の孔を掘った後、底面に101～105からなる半導体ペルティエ素子が形成されている。101、102は拡散法（半導体プロセス）により形成したP型およびN型半導体、103はリード線、104はヒータおよび冷却プレート（温調プレート）、105は全ウェル共通の定温度接点である。定温度接点105を適当な温度に制御しておき、リード線103の両端に必要な電圧をかけることにより、104に示す温調プレートの温度をウェル毎に独立に制御可能である。また、リード線に電圧をかけず両端の電位差を測定すればこのペルティエ素子を温度計測用の熱電対として使用することも可能である。場合によっては、図2に示すようにウェル加工時に温調部分104と熱電対部分201を別々に形成することも可能である。本実施例においてウェルの大きさは、開口部は縦1.2mm×横1.2mmで深さ0.42mm、シリコン結晶面の特性から、底面は縦0.6mm×横0.6mmとなり、ウェルの容積は最大0.35 μ lとなる。

【0024】温調プレート104としてはペルティエ素子の銅電極をそのまま用いているが、銅電極の反応液に対する影響が重要な場合には、この電極の上をセラミックアルミプレートや熱伝導性の良いポリマ等で覆うことにより対策する。

【0025】またウェルの周囲は酸化されたSiO₂となっており、熱絶縁の効果が母材のシリコンに比べて大

きくなるようになっている。

【0026】図3は図1に示したチャンバプレートを組み込んだ自動試料調製装置の鳥瞰図である。マイクロチャンバプレートを用いた反応装置100は台301に固定される。台301は、チャンバプレートの電極のソケットおよび定温度接点の温度制御のための温度調節器より構成されている。ウェル内の拡散の効果を高めるために高周波の振動をチャンバプレートに与えられるような構造にすることもできる。

【0027】302はピペッタ303とマイクロチャンバプレートのふた304を搬送するXYステージである。ピペッタ303はサブマイクロリットルの分注が可能なマイクロキャピラリを用いたピペットを有し、極微量の試薬およびサンプルを精度よく分注することが可能である。このピペッタが、溶液保存容器305と反応装置100との間を往復しながらウェル内に反応液を供給する。超微量の試薬の供給には、キャピラリなどのピペットではなく単なる針先を用いる方法もある。すなわち、中空部分を持たず試薬に浸した針先の表面を濡らしている試薬を、針先を反応液に接触させることによって、反応液中に拡散させるのである。試薬の濃度および濡れ面積をコントロールすることにより超微量の試料供給が可能となる。

【0028】ふた304はマイクロチャンバと同様な位置配列に浅い溝の加工をして、上面にペルティエ素子を形成したものである。このふた304は、分注時以外は、ウェルにたいして溝が一致するように押しつけられ（図4）、それぞれのウェルの反応液よりもわずかに（2～3℃）高い温度に制御される。このことによりウェル中の微量反応液の蒸発を防ぐことが可能である。

【0029】この自動試料調製装置は、分離機能膜等の分離要素、さらに多種類の試薬供給要素などと組み合わせることにより、非常に小型大量処理の生化学反応装置を構成し得ると考えられる。また今後の三次元微細加工技術の進歩により、ウェル中に攪拌要素や分離要素を含むチャンバプレートも実現可能であると考えられる。

【0030】本明細書においては、主に1 μ l以下の容量を持つマイクロチャンバプレートについて述べてきたが、本発明の重要項目である、独立した制御の可能な温度調節機能や攪拌、分離機能を各々のチャンバが有する反応装置に関しては、チャンバの大きさが制限を受けるものではなく、いわゆる12行×8列のマイクロタイタープレートに上記のような反応要素を組み込んだ反応装置も、本発明の含む範囲である。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、極微量のサンプルを様々な反応条件で同時に処理することが可能となる。このことにより、従来扱えなかった極微量のサンプルを出発試料とする、生化学反応の最適化、高スループット化を実現し、遺伝子解析や遺伝子診断の分野の発展に寄与で

きる。

【0032】また周辺装置との組合せにより、生化学反応自動装置の小型化を実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のマイクロチャンバプレートを用いた生化学反応装置

【図2】本発明の他の実施例のマイクロチャンバプレートを用いた生化学反応装置

【図3】図1で示した生化学反応装置を組み込んだ自動試料調製装置の一例を示す鳥瞰図

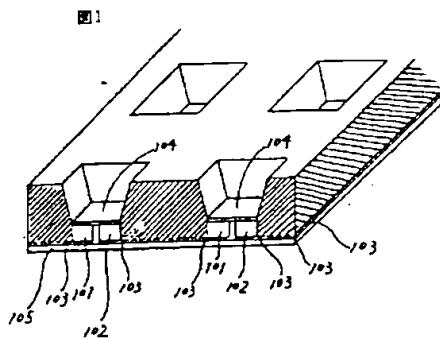
【図4】図3で示した自動試料調製装置において、マイクロチャンバプレートにふた部プレートを装着した状態の図

【符号の説明】

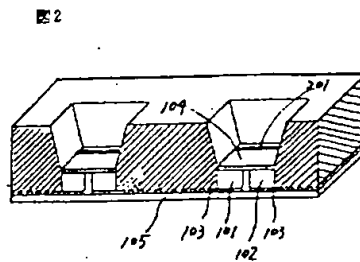
100…マイクロチャンバプレートを用いた生化学反応装置、101、102…P型およびN型半導体、103…リード線、104…温度調節プレート、105…定温度接点、201…熱電対部分、301…マイクロチャンバプレートの台、302…XYステージ、303…ピペッタ、304…マイクロチャンバプレートのふた

10

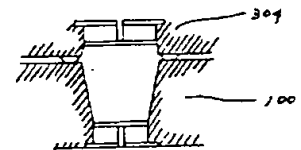
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

